

การสำรวจคุณภาพของชีวภัณฑ์เชื้อรา *Trichoderma* ทางการค้า
สำหรับควบคุมเชื้อก่อโรคพืชในประเทศไทย
Survey on Quality of *Trichoderma* Commercial Products
Used for Controlling Plant Pathogens in Thailand

อนุเทพ ภาสุระ^{1*} และ ณัฐชุกร แสงสว่าง¹

Anuthep Pasura^{1*} and Nutchukorn Saengsawang¹

¹ ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี

Department of Microbiology, Faculty of Science, Burapha University, Chonburi

Received : Jun 7, 2025

Revised : Jul 23, 2025

Accepted : Jul 31, 2025

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจคุณภาพของชีวภัณฑ์เชื้อรา *Trichoderma* ทางการค้าสำหรับควบคุมเชื้อก่อโรคพืชจำนวน 5 ผลิตภัณฑ์ ที่จำหน่ายทางออนไลน์ โดยประเมินจากรายละเอียดที่ระบุบนฉลาก ปริมาณเชื้อในชีวภัณฑ์ และประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราก่อโรคบางชนิด จากการศึกษาพบว่าชีวภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานตามประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่อง กำหนดมาตรฐานสินค้าการเกษตรจำนวน 4 ผลิตภัณฑ์ (ร้อยละ 80) เป็นชีวภัณฑ์สูตรสำเร็จในรูปแบบชนิดน้ำ (ชีวภัณฑ์เครื่องหมายการค้า A และ B) และรูปแบบชนิดแข็ง (ชีวภัณฑ์เครื่องหมายการค้า C และ D) และมีชีวภัณฑ์จำนวน 1 ผลิตภัณฑ์ (ร้อยละ 20) เป็นชีวภัณฑ์รูปแบบเชื้อสด (ผลิตภัณฑ์ E) ที่ไม่ผ่านคุณสมบัติตามเกณฑ์มาตรฐานด้านฉลากบรรจุภัณฑ์ จากการตรวจนับปริมาณเชื้อรา *Trichoderma* ในชีวภัณฑ์ทุกเครื่องหมายทางการค้า พบว่ามีปริมาณเชื้อรา *Trichoderma* อยู่ในเกณฑ์ผ่านมาตรฐานตามเกณฑ์ขั้นต่ำในด้านปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่ขึ้นทะเบียนชีวภัณฑ์ทางการค้า เมื่อนำเชื้อรา *Trichoderma* ที่แยกได้จากชีวภัณฑ์มาทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญกับเชื้อก่อโรคพืช 4 ชนิด ด้วยวิธี Dual culture plate บนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA พบว่าชีวภัณฑ์เครื่องหมายทางการค้า A (*Trichoderma asperellum*) สามารถยับยั้งเชื้อราก่อโรคพืช *Colletotrichum gloeosporioides* KPS 00286 ได้มากที่สุดที่ร้อยละ 70.00 ชีวภัณฑ์เครื่องหมายทางการค้า C (*T. harzianum*) สามารถยับยั้งเชื้อราก่อโรคพืช *Phomopsis asparagi* KPS 00288 และ *Rhizoctonia oryzae* KPS 00289 ได้ร้อยละ 91.18 และ 74.29 ตามลำดับ ชีวภัณฑ์เครื่องหมายทางการค้า D (*T. asperellum*) สามารถยับยั้งเชื้อราก่อโรคพืช *Fusarium* sp. B1-1 ได้มากที่สุดที่ร้อยละ 78.10

คำสำคัญ : สารชีวภัณฑ์, เชื้อก่อโรคพืช, *Trichoderma*

Abstract

This study aimed to evaluate the quality of five commercially available *Trichoderma*-based bioproducts marketed online for the control of plant pathogenic fungi. The assessment was conducted based on label information, viable cell count, and antagonistic efficacy against selected plant pathogens. The findings revealed that four out of the five commercial products (80%) conformed to the minimum quality standards established by the Ministry of Agriculture and Cooperatives of Thailand. One product (20%), a fresh culture formulation, did not meet the required standards based on labelling requirement. Viable cell count revealed that all products contained *Trichoderma* spp. in concentrations above the minimum threshold required for registered commercial microbial products. Dual culture assays on potato dextrose agar (PDA) plates were used to evaluate the antagonistic efficacy of the *Trichoderma* isolates. Product A (*Trichoderma asperellum*) exhibited the highest inhibition against *Colletotrichum gloeosporioides* KPS 00286, with a percentage inhibition of 70.00%. Product C (*T. harzianum*) showed the highest antagonistic activity against *Phomopsis asparagi* KPS 00288 and *Rhizoctonia oryzae* KPS 00289, with inhibition rates of 91.18% and 74.29%, respectively. Product D (*T. asperellum*) demonstrated the greatest efficacy against *Fusarium* sp. B1-1, with 78.10% inhibition.

Keyword : Microbial pesticides, plant pathogens, *Trichoderma*

*Corresponding author. E-mail : anuthep@buu.ac.th

บทนำ

โรคพืชมีบทบาทสำคัญต่อผลผลิตทางการเกษตร ทำให้ผลผลิตทางการเกษตรเสียหายกับพืชและผลผลิตทั้งก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว ส่งผลให้เกษตรกรมีรายได้หรือผลกำไรที่ลดลง ในการป้องกันและกำจัดโรคพืชมักใช้สารเคมีกำจัดในการควบคุมเชื้อก่อโรคพืช แต่การจัดการโรคพืชโดยใช้สารเคมีกำจัดเชื้อราอาจก่อให้เกิดปัญหาต่าง ๆ ตามมา เช่น ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์จากการตกค้างของสารเคมีบนผลมะม่วง การเกิดการต้านทานต่อสารเคมีกำจัดเชื้อราของเชื้อราก่อโรค และอาจทำให้เกิดการปนเปื้อนของสารเคมีกำจัดเชื้อราในสิ่งแวดล้อม (Mohamed *et al.*, 2022; Rocha *et al.*, 2022) ประกอบกับสารเคมีกำจัดเชื้อราที่ใช้มีราคาแพงจนส่งผลให้มีราคาต้นทุนการผลิตพืชผลที่สูงขึ้น จึงเกิดความสนใจทางเลือกในการควบคุมโรคพืชที่มีความปลอดภัยมากขึ้น (Singh *et al.*, 2023) ในปัจจุบันการควบคุมโรคพืชโดยวิธีชีวภาพโดยการนำจุลินทรีย์ไปใช้เพื่อควบคุมโรคพืชกลายเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการป้องกันกำจัดโรคพืช เนื่องจากเป็นวิธีการจัดการโรคพืชที่มีต้นทุนต่ำ ปราศจากสารพิษตกค้าง และยังสามารถควบคุมโรคพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Zin and Badaluddin, 2020) ในปัจจุบันประเทศไทยมีการใช้จุลินทรีย์ไปใช้เพื่อควบคุมโรคพืช เช่น เชื้อรา *Trichoderma* spp. ในการควบคุมโรคพืชหลายชนิด เช่น การใช้ไตรโครเดอร์มาในการควบคุมโรคเมล็ดต่างของข้าว (ปณณวิญญู เย็นจิตต์ และคณะ, 2561; Adnan *et al.*, 2019; Bastakoti *et al.*, 2017) การควบคุมทางชีวภาพจึงเป็นกลยุทธ์ที่สำคัญสำหรับการจัดการโรคเชื้อ และปัจจุบันให้มีการพัฒนาชีวภัณฑ์ควบคุมโรคพืชทางการค้าที่จำหน่ายแพร่หลายในประเทศไทย ได้แก่ *T. harzianum*, *T. asperellum*, *Bacillus subtilis* เป็นต้น (กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2563 และ สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร, 2563) รวมทั้งภาครัฐมีนโยบายให้กรมส่งเสริมการเกษตรผลิตชีวภัณฑ์เพื่อแจกจ่ายให้กับเกษตรกรและส่งเสริมให้เกษตรกรผลิตชีวภัณฑ์ขึ้นใช้เอง (กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2563) กรรมวิธีการผลิตและรูปแบบชีวภัณฑ์มีความแตกต่างกัน มุ่งเน้นให้ชีวภัณฑ์มีคุณสมบัติที่ดี ได้แก่ ชีวภัณฑ์

มีความปลอดภัยสูงต่อคน สัตว์ และสิ่งแวดล้อม ไม่มีสารพิษตกค้าง มีความเฉพาะเจาะจงต่อโรคพืช สารชีวภัณฑ์บางชนิดอยู่ได้คงทนในสภาพแวดล้อม ใช้กับสภาพพื้นที่ปลูกด้วยวิธีการเดียวกันกับสารเคมี ให้ผลดีในการควบคุม ใช้สารในการควบคุมโรคในปริมาณที่น้อย (กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2559) ชีวภัณฑ์ *Trichoderma* ในการควบคุมโรคพืชมีการผลิตเป็นสูตรสำเร็จหลายรูปแบบ (formulations) เช่น ของเหลว (liquid formulation) ของแข็ง (solid formulation) ในรูปแบบเป็นเม็ด (granule) หรือผง (powder) และเชื้อสด (fresh culture) ทำให้การใช้ชีวภัณฑ์ในการควบคุมโรคพืชได้ผลแตกต่างกันส่งผลให้เกษตรกรเกิดความไม่มั่นใจในการใช้ชีวภัณฑ์ในการควบคุมโรคพืช (Harman *et al.*, 2021) อีกทั้งยังไม่มีรายงานถึงคุณภาพของชีวภัณฑ์ *Trichoderma* ที่วางจำหน่ายในประเทศไทย ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณภาพชีวภัณฑ์เชื้อรา *Trichoderma* ทางการค้าเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการส่งเสริมการใช้ชีวภัณฑ์เชื้อราควบคุมโรคพืชต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การบันทึกรายละเอียดและลักษณะทางกายภาพของชีวภัณฑ์

ทำการรวบรวมตัวอย่างชีวภัณฑ์ *Trichoderma* ทางการค้าจำนวน 5 ผลิตภัณฑ์ที่วางจำหน่ายในช่องทางทางออนไลน์จากเพจที่มีการโฆษณา วางจำหน่ายชีวภัณฑ์ และมีผู้เข้าชมมาก ได้แก่

ชีวภัณฑ์เชื้อราทางการค้า A ทำการสั่งซื้อจากเพจภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรกำแพงแสน

ชีวภัณฑ์เชื้อราทางการค้า B ทำการสั่งซื้อจากช่องทางออนไลน์จากเพจควนดินแดงออร์แกนิกฟาร์ม

ชีวภัณฑ์เชื้อราทางการค้า C ทำการสั่งซื้อจากช่องทางออนไลน์จากเพจ *Trichoderma* ป้องกันกำจัดเชื้อราโรคพืช

ชีวภัณฑ์เชื้อราทางการค้า D ทำการสั่งซื้อจากช่องทางออนไลน์จากเพจบริษัท SV Group

ชีวภัณฑ์เชื้อราทางการค้า E ทำการสั่งซื้อจากเพจศูนย์จัดการศัตรูพืชชุมชน ตำบลสวนแดง

ทำการจดบันทึกรายละเอียดบนฉลากของตัวอย่างผลิตภัณฑ์ชีวภัณฑ์เชื้อราควบคุมโรคพืชทางการค้า ได้แก่ ชนิดเชื้อรา ลักษณะชีวภัณฑ์ วันที่ผลิต วันหมดอายุ ขนาดบรรจุ ราคาต่อหน่วยบรรจุ ปริมาณที่แนะนำให้ใช้ ปริมาณเชื้อราที่ระบุบนฉลาก หากชีวภัณฑ์ใดที่ไม่แสดง วัน เดือน ปี ที่ผลิต วัน เดือน ปี ที่ล่องอายุ และวิธีการใช้ ปริมาณเชื้อ และอัตราการใช้นบนฉลากชีวภัณฑ์ ถือว่าไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานตามประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ พ.ศ.2551 เรื่องกำหนดมาตรฐานสินค้าการเกษตร

2. การหาปริมาณเชื้อราปฏิปักษ์และการแยกเชื้อบริสุทธิ์จากชีวภัณฑ์เชื้อราทางการค้า

ทำการนับปริมาณและแยกเชื้อบริสุทธิ์จากตัวอย่างชีวภัณฑ์ *Trichoderma* แต่ละผลิตภัณฑ์ ชีวภัณฑ์ที่เป็นของแข็ง (เม็ด/ผง) ใช้ 1 กรัม สำหรับชีวภัณฑ์ที่เป็นของเหลวใช้ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เจือจางในน้ำกลั่นฆ่าเชื้อที่เติม Tween 80 0.1% ปริมาตร 9 มิลลิลิตร นำมาเจือจางด้วยวิธี serial dilution เจือจางแบบ 10 เท่า ให้ได้ความเข้มข้น 10^{-2} ถึง 10^{-7} จากนั้นดูดตัวอย่างด้วยปิเปตปราศจากเชื้อ 0.1 มิลลิลิตร ใช้ความเจือจางที่ 10^{-5} ถึง 10^{-7} จำนวน 3 ซ้ำ ลงบนอาหาร Potato dextrose agar (PDA) เกลี่ยสารแขวนลอยแต่ละระดับความเจือจางให้ทั่วผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อด้วยแท่งแก้วสามเหลี่ยมปลอดเชื้อ ด้วยเทคนิค spread plate โดยบ่มจานเพาะเชื้อที่อุณหภูมิห้อง 25-30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3-4 วัน จากนั้นนับจำนวนโคโลนีของเชื้อราที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อ และคำนวณเป็น colony-forming unit ต่อกรัมหรือมิลลิลิตร (CFU ต่อกรัมหรือมิลลิลิตร) จากนั้นแยกเชื้อบริสุทธิ์จากโคโลนีที่เจริญบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อแต่ละตัวอย่าง บ่มที่อุณหภูมิห้อง 25-30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3-4 วัน นำไปทำ slide culture ศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อบริสุทธิ์ที่แยกได้ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ เก็บรักษาเชื้อราที่แยกไว้ในอุณหภูมิห้อง 25-30 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปทดสอบประสิทธิภาพต่อไป หากชีวภัณฑ์ใดที่มีปริมาณเชื้อน้อยกว่า 1.0×10^7 CFU ต่อกรัมหรือมิลลิลิตร ถือว่าไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานตามประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ พ.ศ.2551 เรื่องกำหนดมาตรฐานสินค้าการเกษตร

3. การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อราปฏิปักษ์ในการควบคุมการเจริญของเชื้อก่อโรคพืช (ดัดแปลงจาก Kumar et al., 2024)

ทำการทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อรา *Trichoderma* บริสุทธิ์ที่แยกได้จากชีวภัณฑ์แต่ละผลิตภัณฑ์ เพื่อดูการยับยั้งการเจริญของเชื้อราก่อโรค 4 ชนิด ได้แก่ *Colletotrichum gloeosporioides* KPS 00286 *Phomopsis asparagi* KPS 00288 *Rhizoctonia oryzae* KPS 00289 และ *Fusarium* sp. B1-1 นำเชื้อราที่เจริญบนอาหาร PDA ที่คัดแยกเชื้อบริสุทธิ์นำมาทดสอบด้วยวิธี Dual culture plate โดยนำ cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร เจาะบริเวณขอบโคโลนีของเส้นใยเชื้อราปฏิปักษ์ที่บริสุทธิ์ที่เจริญบนอาหาร PDA และเชื้อราก่อโรคที่เจริญบนอาหาร PDA จากนั้นนำมาวางลงบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ขนาด 9 เซนติเมตรโดยห่างจากขอบจานอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA 1 เซนติเมตร ในแนวตรงกันข้าม ส่วนเชื้อราก่อโรคที่นำมาทดสอบในการยับยั้ง วางห่างจากขอบจานอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA 1 เซนติเมตร โดยจะทำการทดสอบทั้งหมด 3 ซ้ำ บรรจุในถุงพลาสติกปิดมิดชิด จากนั้นบ่มเชื้อที่อุณหภูมิห้อง (25-30 องศาเซลเซียส) ในสภาพมืดตลอดเวลา เป็นเวลา 5 วัน แล้ววัดขนาดของรัศมีโคโลนีของเชื้อรา *C. gloeosporioides* KPS 00286 *P. asparagi* KPS 00288 *R. oryzae* KPS 00289 และ *Fusarium* sp. B1-1 ที่เจริญได้บนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งของอัตราการเจริญ จากสูตร ดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง (\%)} = [(R1-R2)/R1] \times 100 \quad (1)$$

โดยที่ R1 คือ รัศมีเฉลี่ยของโคโลนีเชื้อก่อโรคพืช (จานควบคุม)

R2 คือ รัศมีเฉลี่ยของโคโลนีเชื้อก่อโรคพืช ในจานเพาะเชื้อที่มีเชื้อราปฏิปักษ์ (จานทดสอบ)

4. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน Analysis of variance (ANOVA) จำแนกความแตกต่างทางสถิติของเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเชื้อก่อโรคพืชด้วยวิธี Tukey pairwise comparisons test ที่ระดับความเชื่อมั่น $P \leq 0.05$ ด้วยโปรแกรม MiniTab เวอร์ชัน 18

ผลการวิจัย

1. การบันทึกรายละเอียดและลักษณะทางกายภาพของชีวภัณฑ์

เมื่อนำชีวภัณฑ์ *Trichoderma* ทางการค้าที่จำหน่ายตามท้องตลาดทั้งหมด 5 เครื่องหมายทางการค้า มีลักษณะทางชีวภัณฑ์ชนิดน้ำจำนวน 2 เครื่องหมายทางการค้า คือ ชีวภัณฑ์เครื่องหมายการค้า A (*Trichoderma asperellum*) ที่มีลักษณะชีวภัณฑ์เป็นของเหลวใส สีเขียวเข้ม และชีวภัณฑ์เครื่องหมายการค้า B (*T. asperellum*) ที่มีลักษณะชีวภัณฑ์ที่เป็นของเหลวมีตะกอน สีเขียวเข้ม ชีวภัณฑ์ที่เป็นชนิดของแข็งมีลักษณะเป็นผง จำนวน 2 เครื่องหมายทางการค้า คือ ชีวภัณฑ์เครื่องหมายการค้า C (*T. harzianum*) ที่มีลักษณะชีวภัณฑ์เป็นของแข็ง ลักษณะเป็นผงละเอียดสีขาว และชีวภัณฑ์เครื่องหมายการค้า D (*T. asperellum*) มีลักษณะชีวภัณฑ์เป็นของแข็ง ลักษณะเป็นผงหยาบสีขาว และชีวภัณฑ์เครื่องหมายการค้าชนิดสดจำนวน 1 เครื่องหมายทางการค้า E (*T. harzianum*) มีลักษณะชีวภัณฑ์เป็นก้อนของแข็ง เป็นเชื้อสดลักษณะเป็นก้อนสีเขียวเข้ม ข้อมูลบนสลากบรรจุภัณฑ์ชีวภัณฑ์เชื้อราเครื่องหมายการค้า มีการระบุวันที่ผลิตและวันหมดอายุของชีวภัณฑ์ โดยชีวภัณฑ์เครื่องหมายการค้า A ระบุวันที่ผลิต และหมดอายุเมื่อเปิดใช้แล้ว เก็บได้นาน 1 ปี ชีวภัณฑ์เครื่องหมายการค้า B มีการระบุวันที่ผลิต ระบุวันหมดอายุเมื่อเปิดใช้แล้ว สามารถเก็บได้นาน 6 เดือน ชีวภัณฑ์เครื่องหมายการค้า C ระบุวันที่ผลิต และวันหมดอายุ เมื่อเปิดใช้แล้ว สามารถเก็บได้นาน 6 เดือน ชีวภัณฑ์เครื่องหมายการค้า D ระบุวันที่ผลิตและวันหมดอายุ และชีวภัณฑ์เครื่องหมายการค้า E ไม่มีการระบุวันที่ผลิตและวันหมดอายุ

ตารางที่ 1 รายละเอียดบนฉลาก* คุณสมบัติเบื้องต้นและปริมาณเชื้อราทั้งหมดของชีวภัณฑ์เชื้อราทางการค้าที่ใช้สำหรับควบคุมเชื้อก่อโรคพืชที่วางจำหน่ายในประเทศไทย

ชีวภัณฑ์ เชื้อราทาง การค้า	ชนิดเชื้อรา	ลักษณะชีวภัณฑ์	วันผลิต	วันหมดอายุ	ขนาดบรรจุ (มิลลิลิตรหรือ กรัม)	ราคาต่อ หน่วยบรรจุ (บาท)	ปริมาณที่ใช้ต่อน้ำ	ปริมาณเชื้อรา บนฉลาก	ปริมาณเชื้อรา ที่ตรวจนับได้
A	<i>Trichoderma asperellum</i>	ของเหลว ชนิดน้ำ ลักษณะใส ไม่มีตะกอน สีเขียวเข้ม	220620	เปิดแล้วเก็บได้ นาน 1 ปี	250	80	เชื้อ 250 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 5 ลิตร	10 ⁹ CFU/มล.	1.6x10 ⁸ CFU/มล.
B	<i>Trichoderma asperellum</i>	ของเหลว ชนิดน้ำ ลักษณะมีตะกอน สี เขียวเข้ม	060921	เปิดแล้วเก็บได้ นาน 6 เดือน	70	200	เชื้อ 70 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 1.4 ลิตร	1.5x10 ⁹ CFU/มล.	1.4x10 ⁸ CFU/มล.
C	<i>Trichoderma harzianum</i>	ของแข็ง ชนิดผง ลักษณะผงละเอียดสี ขาว	041021	เปิดแล้วเก็บได้ นาน 6 เดือน	500	250	เชื้อ 50-80 กรัม ต่อน้ำ 20 ลิตร	4.5x10 ⁸ CFU/กรัม	4.5x10 ⁸ CFU/กรัม
D	<i>Trichoderma asperellum</i>	ของแข็ง ชนิดผง ลักษณะผงหยาบ สีขาว	191021	091026	100	185	เชื้อ 25 กรัม ต่อน้ำ 20 ลิตร	ไม่ระบุ	1.4x10 ⁸ CFU/กรัม
E	<i>Trichoderma harzianum</i>	ของแข็ง ชนิดสด ลักษณะเป็นก้อนสีเขียว เข้ม	ไม่ระบุ	ไม่ระบุ	1,000	86	ไม่ระบุ	ไม่ระบุ	2.0x10 ⁷ CFU/กรัม

หมายเหตุ: *ตามประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ พ.ศ.2551 เรื่องกำหนดมาตรฐานสินค้าการเกษตร ได้กำหนดให้แสดง วัน เดือน ปี ที่ผลิต วัน เดือน ปี ที่ล้งอายุ และวิธีการใช้ และอัตราการใช้บนฉลากชีวภัณฑ์



ภาพที่ 1 ลักษณะของบรรจุภัณฑ์ชีวภัณฑ์ทางการค้าและลักษณะทางกายภาพของชีวภัณฑ์

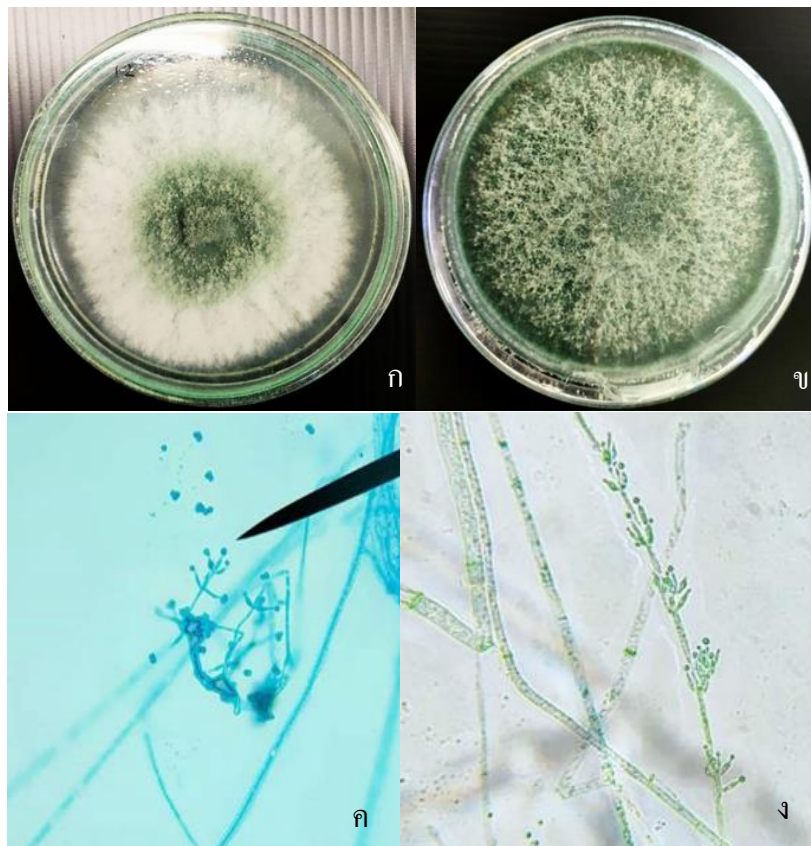
- (ก) ลักษณะบรรจุภัณฑ์ชีวภัณฑ์ทางการค้า เครื่องหมายทางการค้า A และลักษณะทางกายภาพของชีวภัณฑ์ทางการค้าชนิดน้ำ สีเขียวเข้มไม่มีตะกอน
- (ข) ลักษณะบรรจุภัณฑ์ชีวภัณฑ์ทางการค้า เครื่องหมายทางการค้า B และลักษณะทางกายภาพของชีวภัณฑ์ทางการค้าชนิดน้ำสีเขียวเข้มมีตะกอน
- (ค) ลักษณะบรรจุภัณฑ์ชีวภัณฑ์ทางการค้า เครื่องหมายทางการค้า C และลักษณะทางกายภาพของชีวภัณฑ์ทางการค้าชนิดผงละเอียดสีขาว
- (ง) ลักษณะบรรจุภัณฑ์ชีวภัณฑ์ทางการค้า เครื่องหมายทางการค้า D และลักษณะทางกายภาพของชีวภัณฑ์ทางการค้าชนิดผงหยาบสีขาว
- (จ) ลักษณะบรรจุภัณฑ์ชีวภัณฑ์ทางการค้า เครื่องหมายทางการค้า E และ ลักษณะทางกายภาพของชีวภัณฑ์ทางการค้าชนิดสด เป็นก้อนสีเขียวเข้ม

2. การหาปริมาณเชื้อราปฏิปักษ์และการแยกเชื้อบริสุทธิ์จากชีวภัณฑ์เชื้อราทางการค้า

จากข้อมูลในตารางที่ 1 พบว่า เมื่อตรวจนับปริมาณเชื้อราในชีวภัณฑ์ด้วยวิธี spread plate พบว่า มีเพียงชีวภัณฑ์เชื้อราทางการค้าเครื่องหมายทางการค้า C ที่มีปริมาณเชื้อราบนฉลากตรงกับปริมาณเชื้อราที่ตรวจนับได้ 4.5×10^8 CFU ต่อกรัม และชีวภัณฑ์ *Trichoderma* จำนวน 2 เครื่องหมายทางการค้าที่มีปริมาณเชื้อราน้อยกว่าที่ระบุไว้บนฉลาก โดยที่มีชีวภัณฑ์เครื่องหมายการค้า A มีปริมาณเชื้อราจำนวน 1.6×10^8 CFU ต่อมิลลิลิตร แต่บนฉลากมีปริมาณ 10^9 CFU ต่อมิลลิลิตร และชีวภัณฑ์เครื่องหมายการค้า B มีปริมาณเชื้อราจำนวน 1.4×10^8 CFU ต่อมิลลิลิตร แต่บนฉลากมีปริมาณ 1.5×10^9 CFU ต่อมิลลิลิตร ส่วนชีวภัณฑ์เครื่องหมายทางการค้า D (*T. asperellum*) และ ชีวภัณฑ์เครื่องหมายทางการค้า E (*T. harzianum*)

ไม่ได้ระบุปริมาณเชื้อราบนฉลาก แต่มีปริมาณชีวภัณฑ์ที่ตรวจนับได้ เท่ากับ 1.4×10^8 CFU ต่อกรัม และ 2.0×10^7 CFU ต่อกรัม ตามลำดับ

เมื่อทำการแยกเชื้อบริสุทธิ์จากชีวภัณฑ์แต่ละผลิตภัณฑ์ โดยนำชิ้นวั่นเชื้อบริสุทธิ์ วางบนอาหาร PDA ตรงกลางของจานอาหารเลี้ยงเชื้อ จากนั้นบ่มที่อุณหภูมิห้อง (25-30 องศาเซลเซียส) 3-5 วัน จะสังเกตเห็นโคโลนีเชื้อรา *Trichoderma* มีลักษณะเส้นใยแรกสีขาว (ภาพที่ 2 (ก)) เมื่ออายุมากขึ้นจะพบเส้นใยสีเขียวค่อนข้างเหลืองถึงสีเขียวเข้ม (ภาพที่ 2 (ข)) เมื่อนำเชื้อรา *Trichoderma* แต่ละไอโซเลทที่แยกเชื้อบริสุทธิ์ได้มาเลี้ยงบนอาหาร PDA นำไปทำ slide culture เพื่อตรวจสอบลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อ *Trichoderma* พบว่าเชื้อราบริสุทธิ์ที่แยกได้มีลักษณะเส้นใยเจริญเร็ว โคโลนีบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA มีโคโลนีสีเขียว Conidiophore เรียวยาว มีผนังกัน phialides มีรูปร่างแบบ flask-shaped เกิดเป็นกลุ่ม 2-4 อัน หรือ เกิดเดี่ยว ๆ conidia รูปร่างรี ผนังเรียบ สีเขียวเข้ม (ภาพที่ 2 (ค) และ (ง))



ภาพที่ 2 ตัวอย่างลักษณะของเชื้อรา *Trichoderma* บนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA บ่มที่อุณหภูมิห้อง (25-30 องศาเซลเซียส)

(ก) ลักษณะโคโลนีของเชื้อรา *Trichoderma* อายุ 3 วัน เส้นใยสีขาวฟู

(ข) ลักษณะโคโลนีของเชื้อรา *Trichoderma* อายุ 5 วัน เส้นใยสร้างสปอร์มีสีเขียวเข้ม ผิวโคโลนีเป็นผงค่อนข้างหยาบ

(ค) และ (ง) ลักษณะโครงสร้างก้านชู conidiophore, phialide และ conidia ใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 400x

3. การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อราปฏิปักษ์ในการควบคุมการเจริญของเชื้อก่อโรคพืช

จากการทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราปฏิปักษ์ที่แยกได้จากชีวภัณฑ์เชื้อราทางการค้า จำนวน 5 ผลิตภัณฑ์ต่อการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อก่อโรคด้วยวิธี dual culture plate บนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA บ่มที่อุณหภูมิห้อง (25-30 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 5 วัน พบว่าเชื้อรา *Trichoderma* spp. ที่แยกได้จากทั้ง 5 ผลิตภัณฑ์สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราก่อโรค *C. gloeosporioides* KPS 00286 *P. asparagi* KPS 00288 *R. oryzae* KPS 00289 และ *Fusarium* sp. B1-1 ได้ดี ชีวภัณฑ์เครื่องหมายทางการค้า A (*Trichoderma asperellum*) สามารถยับยั้งเชื้อราก่อโรคพืช *Colletotrichum gloeosporioides* KPS 00286 ได้มากที่สุดที่ร้อยละ 70.00 ชีวภัณฑ์เครื่องหมายทางการค้า C (*T. harzianum*) สามารถยับยั้งเชื้อราก่อโรคพืช *Phomopsis asparagi* KPS 00288 และ *Rhizoctonia oryzae* KPS 00289 ได้ร้อยละ 91.18 และ 74.29 ตามลำดับ ชีวภัณฑ์เครื่องหมายทางการค้า D (*T. asperellum*) สามารถยับยั้งเชื้อราก่อโรคพืช *Fusarium* sp. B1-1 ได้มากที่สุดที่ร้อยละ 78.10 (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ประสิทธิภาพของเชื้อรา *Trichoderma* ที่แยกได้จากชีวภัณฑ์เชื้อรา *Trichoderma* ทางการค้าในการยับยั้งการเจริญของเชื้อก่อโรคพืชด้วยวิธี dual culture plate บนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA หลังจากบ่มที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียสนาน 5 วัน

ชีวภัณฑ์ เครื่องหมาย ทางการค้า	เชื้อรา	เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราทดสอบ (%)			
		<i>Colletotrichum</i>	<i>Phomopsis</i>	<i>Rhizoctonia</i>	<i>Fusarium</i> sp.
		<i>gloeosporioides</i> KPS 00286	<i>asparagi</i> KPS 00288	<i>oryzae</i> KPS 00289	B1-1
A	<i>Trichoderma asperellum</i>	70.00±8.8 ^B	85.29±8.8 ^A	72.38±17.4 ^B	64.76±4.3 ^B
B	<i>Trichoderma asperellum</i>	60.00±0.0 ^B	80.39±4.4 ^A	66.67±4.3 ^B	67.62±4.3 ^B
C	<i>Trichoderma harzianum</i>	58.89±1.9 ^B	91.18±2.9 ^A	74.29±8.5 ^B	70.47±8.2 ^B
D	<i>Trichoderma asperellum</i>	63.33±3.3 ^B	87.26±1.7 ^A	70.48±1.6 ^B	78.10±15.7 ^B
E	<i>Trichoderma harzianum</i>	65.55±3.8 ^B	86.27±4.5 ^A	60.95±5.9 ^B	71.43±2.8 ^B

หมายเหตุ ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

วิจารณ์ผล

ชีวภัณฑ์ *Trichoderma* ทางการค้าที่จำหน่ายทางออนไลน์ในประเทศไทยมีรูปแบบหรือสูตรสำเร็จที่หลากหลายทั้งรูปแบบน้ำ รูปแบบของแข็ง และรูปแบบเชื้อสด และส่วนใหญ่เป็นเชื้อรา *Trichoderma asperellum* หรือเชื้อรา *T. harzianum* แต่มีเพียงชีวภัณฑ์รูปแบบน้ำและรูปแบบของแข็งที่มีผลกบบนบรรจุภัณฑ์ที่แสดงรายละเอียดชื่อผลิตภัณฑ์ ชื่อเชื้อ สถานที่ผลิต ผู้ผลิต ผู้จำหน่าย ขนาดบรรจุ รวมถึงวิธีการใช้ รวมถึงแสดงวันผลิตและวันหมดอายุไว้ ข้อมูลเหล่านี้เป็นสิ่งจำเป็นที่ถูกกำหนดเป็นเกณฑ์มาตรฐานชีวภัณฑ์ (กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2559) ส่วนชีวภัณฑ์รูปแบบเชื้อสดไม่มี

ผลากแสดงข้อมูลและไม่มีบรรจุภัณฑ์ ไม่ระบุวันที่ผลิต และวันหมดอายุ จึงไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานชีวภัณฑ์ เมื่อตรวจนับปริมาณเชื้อรา *Trichoderma* ในชีวภัณฑ์แต่ละผลิตภัณฑ์ มีเพียงชีวภัณฑ์เชื้อราทางการค้า C (รูปแบบผงสีขาวละเอียด) ที่มีปริมาณเชื้อราตรงกับที่ระบุไว้ในฉลากบรรจุภัณฑ์ ชีวภัณฑ์ส่วนใหญ่ตรวจพบปริมาณเชื้อรา *Trichoderma* ต่ำกว่าที่ระบุไว้ในฉลาก แต่ชีวภัณฑ์ทุกรายการมีปริมาณเชื้อรา *Trichoderma* อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของชีวภัณฑ์ที่กำหนดให้ชีวภัณฑ์ต้องมีเชื้ออยู่ระหว่าง 1.0×10^7 ถึง 1.0×10^8 CFUต่อมิลลิลิตรหรือกรัม (กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2559) ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ผู้ผลิตชีวภัณฑ์ทราบถึงเกณฑ์มาตรฐานชีวภัณฑ์และใส่ปริมาณเชื้อสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ทั้งนี้เนื่องจากชีวภัณฑ์ทางการค้าผลิตจากจุลินทรีย์ที่เป็นสิ่งมีชีวิตที่อาจจะเสียสภาพหรือตายไปในระหว่างกระบวนการผลิต ขั้นตอนการขนส่ง และระหว่างการเก็บรักษา ปริมาณเชื้อลดลงในช่วงระยะเวลาอยู่บนชั้นรอกการจำหน่าย (shelf-life period) การตรวจนับปริมาณเชื้อที่สูงใกล้เคียงกับเกณฑ์มาตรฐาน จะทำให้เกษตรกรเกิดความมั่นใจได้ว่าชีวภัณฑ์ที่ซื้อไปใช้ยังคงมีเชื้อรา *Trichoderma* ในปริมาณที่เพียงพอต่อการใช้ควบคุมเชื้อก่อโรค อย่างไรก็ตาม มีชีวภัณฑ์เชื้อราการค้า E (เชื้อสด) ที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานทั้งด้านบรรจุภัณฑ์ แสดงให้เห็นถึงการขาดมาตรฐานในการควบคุมการผลิตชีวภัณฑ์เพื่อการพาณิชย์ ซึ่งผู้ผลิตชีวภัณฑ์เชื้อสดมักเป็นผู้ประกอบการรายย่อยหรือเป็นเกษตรกรที่ผลิตชีวภัณฑ์เพื่อใช้เองและจัดจำหน่ายให้กับเกษตรกรอื่นที่ต้องการใช้ในลักษณะการติดต่อส่วนตัวผ่านทางช่องทางต่าง ๆ โดยไม่ได้มีการวางจำหน่ายอย่างเป็นทางการ ขาดความรู้ความเข้าใจในการผลิตชีวภัณฑ์เพื่อจำหน่ายที่มีเกณฑ์มาตรฐานกำกับอยู่ จึงมีความสำคัญมากต่อความเชื่อมั่นของเกษตรกรผู้ใช้ และเกี่ยวข้องกับความสำเร็จของการใช้ชีวภัณฑ์ในการควบคุมโรคพืช ตามปกติแล้วประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการควบคุมเชื้อก่อโรคพืช จะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณของเชื้อที่ใช้ในการควบคุม (Singh *et al*, 2023) ดังนั้นชีวภัณฑ์ทุกผลิตภัณฑ์ที่ทำการสำรวจในการศึกษานี้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานหากพิจารณาเฉพาะคุณสมบัติด้านปริมาณเชื้อรา *Trichoderma* ในชีวภัณฑ์

คุณสมบัติอีกประการหนึ่งของชีวภัณฑ์ *Trichoderma* ที่ดี คือ ประสิทธิภาพของเชื้อรา *Trichoderma* ในการควบคุมการเจริญของเส้นใยเชื้อราก่อโรคพืช ในการศึกษาทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการด้วยวิธี dual culture เป็นวิธีทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อปฏิปักษ์ที่ได้ผลิตและสะดวกรวดเร็ว (Kumar *et al*, 2024) ผลการทดลองพบว่าเชื้อรา *Trichoderma* ที่แยกได้จากชีวภัณฑ์ทุกผลิตภัณฑ์มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราก่อโรคได้หลายชนิด ทั้ง *C. gloeosporioides*, *P. asparagi*, *R. oryzae* และ *Fusarium* sp. จากผลการทดสอบพบว่า ชีวภัณฑ์เชื้อรา *Trichoderma* สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราก่อโรคพืช *P. asparagi* KPS 00288 ได้ดีที่สุด ในระดับที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การที่เชื้อรา *Trichoderma* สามารถควบคุมเชื้อก่อโรคพืชได้หลายชนิด แสดงให้เห็นว่าเชื้อรา *Trichoderma* มีความสามารถในการนำไปใช้ควบคุมโรคพืชได้หลายชนิด การใช้เชื้อรา *Trichoderma* spp. ในการควบคุมโรคพืชเกิดจากกลไกการแก่งแย่งแข่งขันกับเชื้อราก่อโรค และสร้างสร้างปฏิชีวนะในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราก่อโรค ซึ่งประกอบด้วยสารสร้างระเหยต้านเชื้อรา (volatile antifungal compounds) ในกลุ่ม phenylethyl alcohol และการสร้างเอนไซม์ย่อยผนังเซลล์ในกลุ่ม chitinase และ เบต้า-1,3-glucanase เพื่อยับยั้งการเจริญของเชื้อราก่อโรคพืช จึงเหมาะที่จะนำมาใช้ในการควบคุมโรคพืชทางชีววิธี (Harman *et al*, 2021) อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้เป็นการทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อรา *Trichoderma* spp. ในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราก่อโรคในสภาพห้องปฏิบัติการ (*in vitro*) เป็นเพียงการทดสอบเบื้องต้นที่อาจจะไม่สะท้อนถึงประสิทธิภาพในการควบคุมโรคในแปลงปลูกพืชเสมอไป จึงควรมีการวิจัยในขั้นตอนต่อไปเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของชีวภัณฑ์ในสภาพโรงเรือนหรือสภาพแปลงทดลอง (*in vivo* test) เพื่อคัดเลือกและยืนยันประสิทธิภาพในการควบคุมโรคพืชของชีวภัณฑ์ดังกล่าวต่อไป

สรุปและข้อเสนอแนะ

ชีวภัณฑ์ *Trichoderma* ทางการค้าที่นำมาศึกษานี้ มีชีวภัณฑ์ 4 เครื่องหมายการค้า (ร้อยละ 80) ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน เนื่องจากมีผลลาคข้อมูลบนบรรจุภัณฑ์แสดงรายละเอียดชื่อผลิตภัณฑ์ สถานที่ผลิต ผู้ผลิต ผู้จำหน่าย ขนาดบรรจุ ขนาดการใช้และอัตราส่วนการใช้ มีเพียงชีวภัณฑ์ *Trichoderma* เพียง 1 ผลิตภัณฑ์ (ร้อยละ 20) ในรูปแบบเชื้อสดที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานด้านการแสดงข้อมูลบนฉลากบรรจุภัณฑ์ ชีวภัณฑ์ทุกผลิตภัณฑ์มีปริมาณเชื้อ *Trichoderma* ระหว่าง 2.0×10^7 – 4.5×10^8 CFU ต่อมิลลิลิตรหรือกรัม ผ่านเกณฑ์คุณภาพด้านปริมาณเชื้อ ชีวภัณฑ์ *Trichoderma* มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราก่อโรคพืช *P. asparagi* KPS00288 ได้ดีที่สุด รองลงมาคือ *R. oryzae* KPS 00289, *Fusarium* sp. B1-1 และ *C. gloeosporioides* KPS 00286 ตามลำดับ ข้อมูลจากการศึกษานี้จะเป็นข้อมูลให้เกษตรกรเลือกซื้อชีวภัณฑ์ *Trichoderma* ที่ได้คุณภาพมาตรฐานตามประกาศของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ มีการแสดงข้อมูลบนฉลากครบถ้วนและมีปริมาณเชื้อตามเกณฑ์มาตรฐาน งานวิจัยนี้ยังเป็นข้อมูลให้ผู้ผลิตจำหน่ายชีวภัณฑ์ควบคุมโรคพืชได้ตระหนักถึงการควบคุมการผลิตชีวภัณฑ์ให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ทั้งด้านปริมาณเชื้อและมีข้อมูลครบถ้วนบนฉลากบรรจุภัณฑ์ ภาครัฐควรมีนโยบายเข้มงวดในการควบคุมให้มีการจำหน่ายเฉพาะชีวภัณฑ์ควบคุมโรคพืชที่ได้จดทะเบียนกับกรมวิชาการเกษตรและผ่านเกณฑ์มาตรฐานเท่านั้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพาที่ให้การสนับสนุนด้านสถานที่ เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2559). มาตรฐานชีวภัณฑ์ (ผลิตภัณฑ์ชีววิธี) ที่ใช้ในการควบคุมศัตรูพืช (สำหรับส่งเสริมให้เกษตรกรใช้ในการควบคุมศัตรูพืชโดยหน่วยงานภายใต้กรมส่งเสริมการเกษตร). แผ่นพับที่ 3/2559.
- กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2563). การใช้เชื้อจุลินทรีย์ (ชีวภัณฑ์) ในการควบคุมศัตรูพืช. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ ฯ : สำนักพัฒนาการถ่ายทอดเทคโนโลยี.
- ประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่องการขึ้นทะเบียน การออกไปสำคัญการขึ้นทะเบียนวัตถุอันตรายที่กรมวิชาการเกษตรรับผิดชอบ พ.ศ. 2551.
- ปณณวิชญ์ เย็นจิตต์, ธิดา เดชฮวบ และวาริน อินทนา. (2561). การประยุกต์ใช้ร่วมกันของผงเชื้อ *Trichoderma* sp. และ *Bacillus* sp. ต่อการควบคุมโรคเมล็ดด่างที่เกิดจาก *Bipolaris oryzae* ในข้าว. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 49(1) : 16-22.
- สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร. (2563). เอกสารวิชาการชีวภัณฑ์ป้องกันกำจัดศัตรูพืช. กรุงเทพฯ ฯ : สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร.
- Adnan, M., Islam, W., Shabbir, A., Khan, A. K., Ghramh, A. H., Huang, Z., Chen, Y. H. H. and Lu, G-D. (2019). Plant defense against fungal pathogens by antagonistic fungi with *Trichoderma* in focus. *Microbial Pathogenesis*, 129 : 7-18.
- Bastakoti, S., Belbase, S., Manandhar, S. and Arjyal, C. (2017). *Trichoderma* species as biocontrol agent against soil borne fungal pathogens. *Nepal Journal of Biotechnology*, 5(1) : 39-45.

- Harman, G. E., Howell, C. R., Viterbo, A., Chet, I. and Lorito, M. (2021). Biological functions of *Trichoderma* spp. for agriculture applications. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 186, 105143. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2020.105143>.
- Kumar, S., Kaushik, N. and Edrada-Ebel, R. (2024). *In vitro* evaluation of *Trichoderma* spp. against phytopathogenic fungi. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 45(17) : 2081–2089.
- Mohamed, A. A. A., Omar, M. R. M. and El-Mougy, N. S. (2022). Potential biocontrol efficiency of *Trichoderma* species against oomycete-related plant diseases. *Frontiers in Microbiology*, 13, 974024. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.974024>.
- Rocha, L. O., Coelho, I. L., Silva, R. N. and Ulhoa, C. J. (2023). *Trichoderma* species : Our best fungal allies in the biocontrol of plant diseases. *Plants*, 12(3) : 432. <https://doi.org/10.3390/plants12030432>.
- Singh, A., Singh, H. B. and Singh, S. P. (2023). *Trichoderma* and its role in biological control of plant fungal and nematode diseases. *Frontiers in Microbiology*, 14, 1160551. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1160551>.
- Zin, A. N. and Badaluddin, A. N. (2020). Biological functions of *Trichoderma* spp. for agriculture applications. *Annals of Agricultural Sciences*, 65 : 168-178.